

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и
алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из полимерных
композиционных материалов»
тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технологии производства космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель

подпись, дата

доцент МБК ПФ и КТ
канд. техн. наук

должность, ученая степень

В.Н. Наговицин
инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

Л.С. Удод
инициалы, фамилия

Рецензент

подпись, дата

Зам.начальника отдела
818 АО «РЕШЕТНЁВ»
канд. техн.
наук, доцент

должность, ученая степень

А.С. Кожура
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

профессор МКБ ПФиКТ
д-р техн. наук, доцент

должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2023

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.Е. Косенко

подпись

инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2023 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Красноярск 2023

Студенту: Удод Лилии Сергеевны.

Группа: МТ 21-04М.

Направление: 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

Специализированная программа подготовки: 15.04.05.02 «Технологии производства космических аппаратов».

Тема магистерской диссертации (МД): «Разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из полимерных композиционных материалов для силовых конструкций».

Утверждено приказом по университету от « 20 » марта 2023 г. № 4538/с

Руководитель ВКР: Василий Николаевич Наговицин, доцент МБК ПФ и КТ, канд. техн. наук, АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф.Решетнёва».

Исходные данные ВКР: повышение прочности соединений разнородных по своей природе материалов ПКМ-металл в силовых узлах КА.

Перечень разделов МД.

1 Технология производства сборочных единиц из полимерных композиционных материалов (ПКМ) и анализ методов подготовки поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов для склеивания с деталями из ПКМ.

2 Разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из композиционных полимерных материалов

3 Экспериментальное подтверждение прочности клеевого соединения с подготовкой поверхности деталей вновь разработанным методом при воздействии расчетных нагрузок.

Перечень графического материала представлен в виде слайдов презентации в количестве 16 штук.

Руководитель ВКР _____
подпись

В.Н Наговицин
инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению _____
подпись

Л.С.Удод
инициалы и фамилия

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Разработка метод подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из полимерных композиционных материалов» содержит 82 страницы текстового документа, 51 использованных источников, 30 рисунков, 8 таблиц.

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ПРОЦЕСС ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.

Цель работы: разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из композиционных полимерных материалов для силовых конструкций за счет формирования рельефной структуры и удаления окисной пленки.

Задачи:

- анализ предметной области, анализ существующих методов подготовки поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание.

- разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из композиционных полимерных материалов для силовых конструкций за счет формирования рельефной структуры и удаления окисной пленки.

- подтверждение прочности конструкции при воздействии расчетных нагрузок по отработанному методу.

Актуальность темы работы обусловлена теоретической и практической значимостью проблемы, а именно повышение прочности соединений разнородных по своей природе материалов в силовых узлах КА.

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из композиционных полимерных

материалов для силовых конструкций за счет формирования рельефной структуры и удаления окисной пленки [45], позволяющего повысить качество склеивания.

Практическая значимость работы определяется использованием основных результатов разработанного метода для повышения прочности и надежности конкретных элементов КА. Метод подготовки поверхности позволяет повысить качество склеивания силовых конструкций таких как штанги и каркасы БС входящих в состав КА, представляющих собой трубы из углепластика и фитинги из титановых или алюминиевых сплавов, соединенных клеем. Результаты работы внедрены в АО «Решетнёв» с ожидаемым эффектом. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в пяти научных публикациях и защищены авторским свидетельством.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	9
1 Технология производства сборочных единиц из полимерных композиционных материалов и анализ методов подготовки поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов для склеивания с деталями из полимерных композиционных материалов.....	11
1.1 Классификация, технология производства полимерных композиционных материалов и их применение.....	11
1.2 Технологический процесс изготовления элементов конструкции из полимерных композиционных материалов и его особенности.....	16
1.3 Методы соединения изделий из полимерных композиционных материалов.....	20
1.4 Технология склеивания изделий из полимерных композиционных материалов.....	25
1.5 Обзор методов подготовки поверхностей титановых и алюминиевых сплавов под склеивание.....	29
2 Разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из композиционных полимерных материалов.....	33
2.1 Механизм процесса полимеризации клеевых материалов.....	33
2.2 Разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и алюминиевых сплавов для склеивания с деталями из полимерных композиционных материалов	43
2.3 Методы оценки прочности клеевых соединений.....	57
3 Экспериментальное подтверждение прочности клеевого соединения с подготовкой поверхности деталей вновь разработанным методом при воздействии расчетных нагрузок.....	61
3.1 Изготовление образцов для подтверждение прочности клеевого	

соединения.....	61
3.2 Исследование прочности клеевого соединения с подготовкой поверхности деталей вновь разработанным методом при воздействии расчетных нагрузок.....	65
Заключение.....	76
Список сокращений.....	78
Список использованных источников.....	79

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие авиационной и космической промышленности достигло такого уровня, где дальнейший научно-технический прогресс требует новых конструкторских решений. Использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) является перспективным решением для создания новых конструкций. ПКМ обладают рядом важных свойств, таких как высокая прочность и жесткость, низкая плотность, устойчивость к коррозии и длительным нагрузкам, вибростойкость и возможность эксплуатации в экстремальных условиях. Подробно данная тема раскрыта в [1-45].

Изготовление каркаса батареи солнечной (БС) является одним из самых сложных элементов космического аппарата (КА). Высокие требования к массе и прочности подразумевают использование материалов с наименьшим тепловым расширением и высокой удельной прочностью и жесткостью, таких как углепластик. Для соединения конструкций из ПКМ используются механические и клеевые методы. Механические соединения могут снизить прочность и вызвать разрушение конструкции из-за анизотропности материала. Клеевые соединения обеспечивают равномерную концентрацию напряжений, повышают эксплуатационную надежность и снижают массу КА.

В настоящее время в конструкциях перспективных космических аппаратов применяют каркасы БС, штанги в состав которых входят клеевые соединения труб из ПКМ и законцовок (фитингов) из титановых и алюминиевых сплавов, с высокими техническими характеристиками, такими как высокая стойкость к перепаду температур, соотношение прочности сплава и его массы, радиационная стойкость. Поверхности деталей из титановых сплавов обладают низкой адгезией из-за слабой химической активности титана, на поверхностях деталей из алюминиевых сплавов легко образуются низкопрочные окисные пленки, что так же приводит к снижению адгезионной прочности клеевого соединения.

Принимая во внимание высокие требования по обеспечению прочностных характеристик и получения стабильности результатов при изготовлении штанг и каркасов БС, а так же учитывая отсутствие стандартной технологии соединения титановых и алюминиевых сплавов с деталями из ПКМ является актуальной, разработка и внедрение метода подготовки поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов перед склеиванием с деталями из [45] ПКМ.

[Изъяты главы 1, 2, 3 с 11 по 75 страницы в соответствии с заявлением Б и по согласованию с руководителем]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской диссертации был разработан метод подготовки поверхности под склеивание деталей из титановых и алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из ПКМ для силовых конструкций заключающийся в комбинированном применении механической и гальванохимической подготовки поверхности.

В ходе выполнения работы были рассмотрены технология производства сборочных единиц из ПКМ и анализ методов подготовки поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов для склеивания с деталями из ПКМ, классификация, технология производства полимерных композиционных материалов и их применение, технологический процесс изготовления элементов конструкции из полимерных композиционных материалов и его особенности, методы соединения изделий из полимерных композиционных материалов, технология склеивания изделий из полимерных композиционных материалов, обзор методов подготовки поверхностей титановых и алюминиевых сплавов под склеивание.

Во втором разделе рассмотрены физико-химические процессы, протекающие при отверждении термореактивных материалов, физико-химические процессы, влияющие на повышение прочностных характеристик клеевого соединения, проведен обзор оборудования используемого при исследовании прочности клеевых соединений, а так же разработан метод подготовки поверхностей титановых и алюминиевых сплавов позволяющий повысить прочность клеевого соединения.

В результате проведенного экспериментального исследования подтверждена прочность клеевого соединения с подготовкой поверхности деталей вновь разработанным методом при воздействии расчетных нагрузок. Определены оптимальные временные интервалы между подготовкой поверхности и склеиванием.

Вновь разработанный метод подготовки поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов перед склеиванием с деталями из ПКМ позволяет минимизировать воздействие человеческого фактора на процесс подготовки поверхности, улучшить адгезионные характеристики поверхностей деталей из титановых и алюминиевых сплавов, а также увеличить временной интервал между механической подготовкой и склеиванием. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в пяти статьях и защищены авторским свидетельством.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БС – батарея солнечная;

КД – конструкторская документация;

КА – космический аппарат;

ОИ – объект испытаний;

ПКМ – полимерный композиционный материал;

ПО – программное обеспечение;

КЛТР – коэффициент линейного температурного расширения;

ПМ – полимерные материалы;

ТПС – типовой процесс склеивания;

КТР – конструкторско-технологическое решение;

МКЭ – метод конечных элементов.

[Изъят Список использованных источников с 79 по 84 страницы в соответствии с заявлением Б и по согласованию с руководителем]

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт
институт
Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись В.Е. Косенко
инициалы, фамилия
«20» 06 2023 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Разработка метода подготовки поверхности деталей из титановых и
алюминиевых сплавов под склеивание с деталями из полимерных
композиционных материалов»

тема


15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

код и наименование направления

15.04.05.02 «Технологии производства космических аппаратов»

код и наименование магистерской программы

Научный
руководитель


подпись, дата 20.06.23 доцент МБК ПФ и КТ
канд. техн. наук
должность, ученая степень


В.Н. Наговицин
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата 19.06.2023


Л.С. Удод
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата 19.06.23 Зам.начальника отдела
818 АО «РЕШЕТНЁВ»
канд. техн.
наук, доцент
должность, ученая степень

А.С. Кожура
инициалы, фамилия

Нормоконтролер


подпись, дата 16.06.23 профессор МКБ ПФиКТ
д-р техн. наук, доцент
должность, ученая степень

В.Е. Чеботарев
инициалы, фамилия

Красноярск 2023

